

Docket No.: HK-794

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : UWE-JENS KRABBENHÖFT
Filed : CONCURRENTLY HEREWITH
Title : METHOD FOR COLOR TRANSFORMATION BY WAY OF
COLOR PROFILES

CLAIM FOR PRIORITY

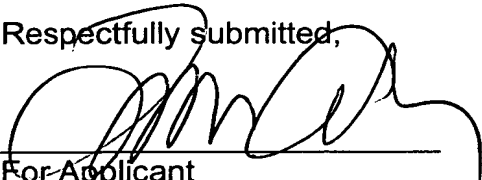
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 103 22 378.9, filed May 17, 2003.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,



For Applicant

LAURENCE A. GREENBERG
REG. NO. 29,308

Date: January 29, 2004

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/kf

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 22 378.9

Anmeldetag: 17. Mai 2003

Anmelder/Inhaber: Heidelberger Druckmaschinen Aktien-
gesellschaft, Heidelberg, Neckar/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Farbtransformation mittels Farbprofilen

IPC: H 04 N 1/60

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

Verfahren zur Farbtransformation mittels Farbprofilen

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der elektronischen Reproduktionstechnik und betrifft ein Verfahren zur Farbtransformation von Farbwerten eines ersten geräteabhängigen Farbraums in Farbwerte eines zweiten geräteabhängigen Farbraums unter Verwendung von Farbprofilen nach dem ICC-Standard, die die charakteristischen Eigenschaften der Farbräume beschreiben. Solche Farbtransformationen werden beispielsweise durchgeführt, um Farbwerte, die für einen ersten Druckprozess erzeugt wurden, auf einen zweiten Druckprozess anzupassen, so dass der visuelle Eindruck der gedruckten Farben in beiden Druckprozessen im wesentlichen gleich ist.

In der Reproduktionstechnik werden Druckvorlagen für Druckseiten erzeugt, die alle zu druckenden Elemente wie Texte, Grafiken und Bilder enthalten. Im Fall der elektronischen Herstellung der Druckvorlagen liegen diese Elemente in Form von digitalen Daten vor. Für ein Bild werden die Daten z.B. erzeugt, indem das Bild in einem Scanner punkt- und zeilenweise abgetastet wird, jeder Bildpunkt in Farbkomponenten zerlegt wird und die Farbkomponenten digitalisiert werden. Üblicherweise werden Bilder in einem Scanner in die Farbkomponenten Rot, Grün und Blau [R, G, B] zerlegt, also in die Komponenten eines dreidimensionalen Farbraums. Für den farbigen Druck werden jedoch andere Farbkomponenten benötigt. Beim Vierfarbdruck sind das die Druckfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz [C, M, Y, K], also die Komponenten eines vierdimensionalen Farbraums. Dazu müssen die Bilddaten vom RGB-Farbraum des Scanners in den CMYK-Farbraum des zu verwendenden Druckprozesses transformiert werden. Sollen die für einen Druckprozess erzeugten CMYK Bilddaten auf einem Monitor als sogenannter Softproof dargestellt werden oder sollen sie z.B. vorab auf einem Inkjet Drucker als Proof ausgegeben werden, so sind jeweils weitere Farbtransformationen erforderlich, damit die Farben so genau wie möglich entsprechend dem späteren Druckprozess, der für den Auflagedruck verwendet wird, wiedergegeben werden.

Solche Farbtransformationen werden in der Reproduktionstechnik benötigt, weil alle Geräte und Prozesse bestimmte Einschränkungen und Besonderheiten bei der Darstellung und Wiedergabe der Farben haben, und die Geräte und Prozesse verschiedene solche Eigenschaften haben. Deshalb gibt es für verschiedene Geräte und Prozesse wie Scanner, Monitore, Proofausgabegeräte, Druckprozesse usw. unterschiedliche Farbräume, die die Farbeigenschaften des Geräts bzw. Prozesses jeweils optimal beschreiben und die als geräteabhängige Farbräume (englisch: device dependent color space) bezeichnet werden. Neben den geräteabhängigen Farbräumen gibt es noch geräteunabhängige Farbräume (englisch: device independent color space), die auf den menschlichen Seheigenschaften eines sogenannten Normalbeobachters basieren. Solche Farbräume sind beispielsweise der von der Standardisierungskommission CIE (Commission Internationale d'Éclairage) definierte XYZ-Farbraum oder der daraus abgeleitete LAB-Farbraum. Will man wissen, ob zwei Farben bei gleichen Umfeldbedingungen, insbesondere bei gleicher Beleuchtung, vom menschlichen Auge als gleich oder verschieden empfunden werden, so genügt dazu die Messung der XYZ- bzw. LAB-Farbkomponenten. Die LAB-Farbkomponenten bilden einen Farbraum mit einer Helligkeitsachse [L] und zwei Farbachsen [A, B], die man sich in der Ebene eines Farbkreises vorstellen kann, durch dessen Mittelpunkt die Helligkeitsachse verläuft. Die LAB-Farbkomponenten stehen mit den XYZ-Farbkomponenten über nichtlineare Umrechnungsgleichungen miteinander in Beziehung.

Ein Gerät bzw. farbverarbeitender Prozess kann bezüglich seiner Farbeigenschaften charakterisiert werden, indem allen möglichen Wertekombinationen des zugehörigen geräteabhängigen Farbraums die XYZ -Farbkomponenten zugeordnet werden, die ein Mensch bei der mit diesen Wertekombinationen erzeugten Farben sieht. Für einen Druckprozess erzeugen die verschiedenen CMYK-Wertekombinationen jeweils eine andere gedruckte Farbe. Mit einem Farbmessgerät kann man die XYZ-Komponenten der gedruckten Farben ermitteln und den CMYK-Wertekombinationen zuordnen. Eine solche Zuordnung, die die mit einem Gerät bzw. Prozess erzeugten geräteabhängigen Farben zu einem geräteunabhängigen Farbraum (XYZ oder LAB) in Beziehung setzt, wird als Farbprofil be-

- zeichnet, im Fall eines Druckprozesses als Ausgabe-Farbprofil. Die Definitionen und Datenformate für Farbprofile sind vom ICC standardisiert worden (International Color Consortium - Specification ICC.1:2001-12; File Format for Color Profiles (Version 4.0.0)). In einem ICC-Farbprofil ist die Zuordnung der Farbräume in beiden Richtungen gespeichert, z.B. die Zuordnung $XYZ = f_1(CMYK)$ und die invertierte Zuordnung $CMYK = f_2(XYZ)$. Die mit einem Farbprofil festgelegte Zuordnung kann mit Hilfe eines Tabellenspeichers (englisch: look-up table) realisiert werden. Wenn z.B. den CMYK-Farbkomponenten eines Druckprozesses die XYZ-Farbkomponenten zugeordnet werden sollen, muss der Tabellenspeicher für jede mögliche Wertekombination der CMYK-Farbkomponenten einen Speicherplatz haben, in dem die zugeordneten XYZ-Farbkomponenten gespeichert sind. Dieses einfache Zuordnungsverfahren hat jedoch den Nachteil, dass der Tabellenspeicher sehr groß werden kann. Wenn jede der Farbkomponenten CMYK mit 8 Bit digitalisiert ist, d.h. $2^8 = 256$ Dichtestufen hat, gibt es $256^4 =$
- 4.294.967.296 mögliche Wertekombinationen der Farbkomponenten. Der Tabellenspeicher müsste also 4.294.967.296 Speicherzellen mit je 6 Byte Wortlänge (je zwei Byte für X, Y, Z) haben. Damit wird der Tabellenspeicher 25,8 Gigabyte groß.
- Um die Größe des Tabellenspeichers zu reduzieren, wird deshalb eine Kombination von Tabellenspeicher und Interpolationsverfahren zur Realisierung einer entsprechenden Farbtransformation eingesetzt. In dem Tabellenspeicher sind nicht die Zuordnungen für alle möglichen Wertekombinationen der CMYK-Farbkomponenten gespeichert, sondern nur für ein gröberes, regelmäßiges Gitter von Stützstellen im CMYK-Farbraum. Das Gitter wird gebildet, indem in jeder Komponentenrichtung nur jeder k-te Wert als Gitterpunkt genommen wird. Für jeden Gitterpunkt werden die zugeordneten Komponenten des XYZ-Farbraums in dem Tabellenspeicher als Stützstellen gespeichert. Für CMYK-Wertekombinationen, die zwischen den Gitterpunkten liegen, werden die zugeordneten XYZ-Werte aus den benachbarten Stützstellen interpoliert.

Die in den Farbprofilen gegebenen Zuordnungen zwischen geräteabhängigen Farbräumen und einem geräteunabhängigen Farbraum können zur Farbtrans-

formation zwischen den geräteabhängigen Farbräumen verwendet werden, so dass z.B. die Farbwerte [C1,M1,Y1,K1] eines ersten Druckprozesses so in die Farbwerte [C2,M2,Y2,K2] eines zweiten Druckprozesses umgerechnet werden, dass der zweite Druck nach dem visuellen Eindruck die gleichen Farben hat wie der erste Druck. Fig. 1 zeigt das Prinzip einer solchen Farbtransformation für eine Druckprozessanpassung nach dem Stand der Technik in einem Blockdiagramm. Eine erste Farbtransformation 1 von den Farbwerten [C1,M1,Y1,K1] des ersten Druckprozesses in XYZ-Farbwerte und eine zweite Farbtransformation 2 von den XYZ-Farbwerten in die Farbwerte [C2,M2,Y2,K2] des zweiten Druckprozesses werden nacheinander ausgeführt. Die beiden Farbtransformationen 1 und 2 können auch zu einer äquivalenten Farbtransformation 3 kombiniert werden, die direkt die Farbwerte [C1,M1,Y1,K1] und die Farbwerte [C2,M2,Y2,K2] einander zuordnet. Da über den geräteunabhängigen XYZ-Zwischenfarbraum jeweils die Farbwerte [C1,M1,Y1,K1] und [C2,M2,Y2,K2] einander zugeordnet werden, die die gleichen XYZ-Farbwerte ergeben, werden die zugeordneten Druckfarben in den beiden Druckprozessen innerhalb des Druckfarbumfangs weitgehend als visuell gleich empfunden.

In der ICC-Spezifikation wird der geräteunabhängige Farbraum, über den die geräteabhängigen Farbräume bei einer Farbtransformation miteinander verknüpft werden, als Profile Connection Space (PCS) bezeichnet. Der Profile Connection Space ist das Interface zwischen den Farbprofilen der Geräte und Prozesse. Er ist als ein idealer Aufsichtsvorlagenfarbraum in einer idealen Betrachtungsumgebung definiert. Basis sind die von der CIE definierten Standardfarbräume CIE 1931 XYZ und CIE 1976 LAB. Der Weißpunkt des Profile Connection Space ist durch die in der grafischen Technik gebräuchliche Normbeleuchtung D50, d.h. Beleuchtung mit einer Lichtquelle von 5000 Kelvin, definiert. Dieser Weißpunkt WPD50 hat die XYZ-Farbwerte:

$$X_{\text{WPD50}} = 0,9642 \quad Y_{\text{WPD50}} = 1,0000 \quad Z_{\text{WPD50}} = 0,8249 \quad (1)$$

Für die in den ICC-Profilen beschriebenen Zuordnungen zwischen einem geräteabhängigen Farbraum und dem Profile Connection Space gibt es Varianten, die je nach der Reproduktionsabsicht (Rendering Intent) verwendet werden. Diese Rendering Intents werden als "Relative Colorimetric", "Absolute Colorimetric", "Perceptual" und "Saturation" bezeichnet. Sie unterscheiden sich unter anderem durch das in die Farbprofile eingebaute sogenannte Gamut Mapping. Mit Gamut Mapping wird das Verfahren bzw. die Strategie bezeichnet, mit der die unterschiedlichen Farbumfänge der geräteabhängigen Farbräume aneinander angepasst werden. Beispielsweise sind nicht alle hellen und gesättigten Farben, die auf einem Monitor dargestellt werden können, auch druckbar, insbesondere dann nicht, wenn der Druck auf schlechterem und relativ grauem Papier erfolgt, wie z.B. auf Zeitungspapier. Dann müssen durch die Zuordnung des Farbprofils die nicht druckbaren Monitorfarben in ähnliche Farben auf dem Rand des Farbumfangs der druckbaren Farben umgewandelt werden, so dass ein insgesamt harmonischer Farbeindruck ohne subjektiv empfundene Farbverfälschungen entsteht.

Mit dem Perceptual Rendering Intent wird angestrebt, neben der visuell empfundenen Farbgleichheit auch weitere für eine Bildwiedergabe wichtige Eigenschaften, wie Kontrast, Detailzeichnung, reales Betrachtungsumfeld, bei der Abbildung in den Profile Connection Space zu berücksichtigen. Der Saturation Rendering Intent bewahrt vorwiegend die reinen und gesättigten Farben und wird bei der Reproduktion von Grafiken angewendet. Der Relative Colorimetric Rendering Intent wird beispielsweise verwendet, um mit einer Farbtransformation unterschiedliche Druckprozesse aufeinander abzubilden, wobei der Farbumfang und der Helligkeitsumfang des Zielprozesses voll ausgenutzt wird. Insbesondere bedeutet das, dass der Weißpunkt des Quellenprozesses, d.h. das Papierweiß, in den Weißpunkt des Zielprozesses abgebildet wird. Wenn der Weißpunkt des Zielprozesses heller ist als der Weißpunkt des Quellenprozesses, werden nach der Farbtransformation die Farben beim Drucken mit dem Zielprozess heller und brillanter wiedergegeben. Mit dem Absolute Colorimetric Rendering Intent dagegen werden bei der Farbtransformation der Weißpunkt und die XYZ-Farbwerte des Quellenprozesses beim Drucken mit dem Zielprozess unverändert wiedergege-

ben. Die Voraussetzung dafür ist, dass der druckbare Farbumfang und der Helligkeitsbereich des Zielprozesses größer ist als der Umfang des Quellenprozesses. Der Absolute Colorimetric Rendering Intent wird deshalb verwendet, um einen Quellendruckprozess als farblich exakten und verbindlichen Proof mit einem
 5 Zieldruckprozess, z.B. auf einem hochwertigen Inkjet Drucker, wiederzugeben.

In den für den Relative Colorimetric Rendering Intent erstellten Zuordnungstabellen sind die den geräteabhängigen Farbwerten zugeordneten XYZ-Farbwerte des Profile Connection Space so skaliert, dass der mögliche Wertebereich des Profile
 10 Connection Space voll ausgenutzt wird. Das bedeutet insbesondere, dass dem gemessenen Weißpunkt WP1 des geräteabhängigen Farbraums (Media White Point) im Profile Connection Space der Weißpunkt WPD50 zugeordnet wird. Hat der Weißpunkt WP1 eines Quellendruckprozesses, beispielsweise des Zeitungsdrucks, die gemessenen XYZ-Farbwerte $[X_{WP1}, Y_{WP1}, Z_{WP1}]$, so werden bei der
 15 Erstellung des Farbprofils alle für verschiedene Wertekombinationen $[C1, M1, Y1, K1]$ gemessenen Farbwerte $[X1, Y1, Z1]$ der Farbfelder auf einer Testvorlage komponentenweise mit dem Verhältnis der Weißpunkte WPD50 und WP1 skaliert, um die zugeordneten Farbwerte $[X_{PCS1}, Y_{PCS1}, Z_{PCS1}]$ des Profile Connection Space zu erhalten.

20

$$X_{PCS1} = X1 \times X_{WPD50}/X_{WP1}$$

$$Y_{PCS1} = Y1 \times Y_{WPD50}/Y_{WP1} \quad (2)$$

$$Z_{PCS1} = Z1 \times Z_{WPD50}/Z_{WP1}$$

25 Ebenso werden bei der Erstellung des Farbprofils für einen Zieldruckprozess mit dem Weißpunkt WP2, beispielsweise einen Offsetdruck, die für verschiedene Wertekombinationen $[C2, M2, Y2, K2]$ gemessenen Farbwerte $[X2, Y2, Z2]$ komponentenweise mit dem Verhältnis der Weißpunkte WPD50 und WP2 skaliert, um die zugeordneten Farbwerte $[X_{PCS2}, Y_{PCS2}, Z_{PCS2}]$ des Profile Connection Space
 30 zu erhalten.

$$\begin{aligned}
 X_{PCS2} &= X_2 \times X_{WPD50}/X_{WP2} \\
 Y_{PCS2} &= Y_2 \times Y_{WPD50}/Y_{WP2} \\
 Z_{PCS2} &= Z_2 \times Z_{WPD50}/Z_{WP2}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

- 5 Da bei der Verknüpfung der Farbprofile nach Fig. 1 jeweils gleiche Wertekombinationen $[X_{PCS1}, Y_{PCS1}, Z_{PCS1}]$ und $[X_{PCS2}, Y_{PCS2}, Z_{PCS2}]$ im Profile Connection Space einander zugeordnet werden, ergibt sich bei der Farbtransformation des Quellenprozesses in den Zielprozess nach dem Relative Colorimetric Rendering Intent der Zusammenhang:

10

$$\begin{aligned}
 X_2 &= X_1 \times X_{WP2}/X_{WP1} \\
 Y_2 &= Y_1 \times Y_{WP2}/Y_{WP1} \\
 Z_2 &= Z_1 \times Z_{WP2}/Z_{WP1}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

- 15 Die geräteabhängigen Farbwerte $[C_1, M_1, Y_1, K_1]$ des Quellenprozesses werden also so in die geräteabhängigen Farbwerte $[C_2, M_2, Y_2, K_2]$ des Zielprozesses transformiert, dass die Ihnen entsprechenden XYZ-Farbwerte im Verhältnis der Weißpunktwerte komponentenweise skaliert werden. Insbesondere ergibt sich aus der Beziehung (4), dass der Weißpunkt WP1 des Quellenprozesses in den
20 Weißpunkt WP2 des Zielprozesses transformiert wird.

- Eine solche einfache Skalierung der XYZ-Farbwerte, die sich nach der ICC-Spezifikation für den Relative Colorimetric Rendering Intent ergibt, ist nicht optimal, wenn die Weißpunkte des Quellenprozesses und des Zielprozesses relativ
25 weit auseinander liegen. In dem Fall werden die relativen Abstände der Farben, die auf den Medien mit den unterschiedlichen Weißpunkten gedruckt sind, trotz der linearen Skalierung der XYZ-Farbwerte im Zielprozess nicht als äquivalent zum Quellenprozess empfunden, da das visuelle System des Menschen beim Betrachten der Farben des Zieldruckprozesses eine vom Weißpunkt abhängige
30 chromatische Adaption durchführt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, für den Relative Colorimetric Rendering Intent ein verbessertes Verfahren zur Farbtransformation von einem Quellenprozess in einen Zielprozess anzugeben, das auf der Basis gegebener Farbprofile entsprechend der ICC-Spezifikation für die beiden Prozesse arbeitet, und wobei auch bei unterschiedlichen Weißpunkten der Prozesse im Zielprozess eine als harmonisch und äquivalent zum Quellenprozess empfundene Abbildung der Farben erzeugt wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Farbtransformation löst die Aufgabe, indem bei der Verknüpfung der ICC-Farbprofile von Quellenprozess und Zielprozess eine Farbumstimmungstransformation (Color Appearance Matching) ausgeführt wird, die die chromatische Adaption des visuellen Systems auf der Basis der unterschiedlichen Weißpunkte der Prozesse berücksichtigt. Vorteilhaft ist dabei, dass dazu der Inhalt der Zuordnungstabellen der ICC-Farbprofile nicht verändert zu werden braucht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren 1 und 2 näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm für eine Farbtransformation nach der ICC-Spezifikation, und

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm für die Arbeitsschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die chromatische Adaption des visuellen Systems beruht auf einer Veränderung der Empfindlichkeit der Farbrezeptoren (Zäpfchen) in der Netzhaut für die drei Grundfarben rot, grün und blau. Bei der Adaption verändern sich die Empfindlichkeiten der drei Farbrezeptorenarten unabhängig voneinander so, dass nach der Adaption das Papierweiß eines mit dem Zielprozess gedruckten Bildes wieder als weiß empfunden wird, obwohl das Papierweiß nach den XYZ-Farbmess-

werten nicht exakt weiß ist sondern beispielsweise etwas gelblich. Durch diese Veränderung der Rezeptorempfindlichkeiten verändern sich auch entsprechend die Sensorsignale der Farbrezeptoren bei der Wahrnehmung der Farben. Die chromatische Adaption ist etwa mit einem automatischen Weißabgleich in einer Videokamera vergleichbar.

Um die chromatische Adaption beispielsweise vom Weißpunkt WP1 auf den Weißpunkt WPD50 bei der Farbtransformation zu berücksichtigen, müssen die XYZ-Farbwerte in die Sensorsignale L, M, S der Farbrezeptoren umgerechnet werden. Aus der Fachliteratur ist bekannt, dass dies mit einer Matrixmultiplikation erreicht werden kann. Bekannte geeignete Matrizen sind die vonKries-Matrix und die Bradford-Matrix. Als Beispiel wird hier die Bradford-Matrix [B] verwendet.

$$B = \begin{pmatrix} 0,8951 & 0,2664 & -0,1614 \\ -0,7502 & 1,7135 & 0,0367 \\ 0,0389 & -0,0685 & 1,0296 \end{pmatrix} \quad (5)$$

15

Damit ergeben sich die Rezeptorsignale [L1,M1,S1] für die Farbwerte [X1,Y1,Z1] einer Farbe des Quellenprozesses zu:

$$\begin{pmatrix} L1 \\ M1 \\ S1 \end{pmatrix} = B \times \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

20

In einem nächsten Schritt werden die XYZ-Farbwerte der Weißpunkte WP1 und WPD50 in die entsprechenden Rezeptorsignale umgerechnet.

$$\begin{pmatrix} L_{WP1} \\ M_{WP1} \\ S_{WP1} \end{pmatrix} = B \times \begin{pmatrix} X_{WP1} \\ Y_{WP1} \\ Z_{WP1} \end{pmatrix} \quad (7)$$

25

$$\begin{pmatrix} L_{WPD50} \\ M_{WPD50} \\ S_{WPD50} \end{pmatrix} = B \times \begin{pmatrix} X_{WPD50} \\ Y_{WPD50} \\ Z_{WPD50} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Aus den Verhältnissen der Rezeptorsignale für die Weißpunkte wird eine Diagonalmatrix [D1] gebildet.

5

$$D1 = \begin{pmatrix} \frac{L_{WPD50}}{L_{WP1}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{M_{WPD50}}{M_{WP1}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_{WPD50}}{S_{WP1}} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Durch Multiplikation der Rezeptorsignale [L1,M1,S1] mit dieser Diagonalmatrix [D1] erhält man die für den Weißpunkt WPD50 adaptierten Rezeptorsignale [L50,M50,S50].

10

$$\begin{pmatrix} L50 \\ M50 \\ S50 \end{pmatrix} = D1 \times \begin{pmatrix} L1 \\ M1 \\ S1 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Schließlich erhält man daraus durch Multiplikation mit der invertierten Bradford-Matrix die adaptierten XYZ-Farbwerte [X50,Y50,Z50].

15

$$\begin{pmatrix} X50 \\ Y50 \\ Z50 \end{pmatrix} = B^{-1} \times \begin{pmatrix} L50 \\ M50 \\ S50 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Zur besseren Übersicht wird die Kette der Matrixoperationen für die Farbumstimmungstransformation des Quellenprozesses vom Weißpunkt WP1 auf den Weißpunkt WPD50 noch einmal zusammengefasst.

20

$$\begin{pmatrix} X50 \\ Y50 \\ Z50 \end{pmatrix} = B^{-1} \times D1 \times B \times \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} \quad (12)$$

- In gleicher Weise können die auf den Weißpunkt WPD50 adaptierten Farbwerte [X50,Y50,Z50] auf den Weißpunkt WP2 des Zielprozesses adaptiert werden. Dafür muss aus den Rezeptorsignalen der Weißpunkte WPD50 und WP2 eine entsprechende Diagonalmatrix [D2] gebildet werden.

$$D2 = \begin{pmatrix} \frac{L_{WP2}}{L_{WPD50}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{M_{WP2}}{M_{WPD50}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_{WP2}}{S_{WPD50}} \end{pmatrix} \quad (13)$$

- Die Kette der Matrixoperationen für die Farbumstimmungstransformation vom Weißpunkt WPD50 auf den Weißpunkt WP2 des Zielprozesses ergibt sich damit zu:

$$\begin{pmatrix} X2a \\ Y2a \\ Z2a \end{pmatrix} = B^{-1} \times D2 \times B \times \begin{pmatrix} X50 \\ Y50 \\ Z50 \end{pmatrix} \quad (14)$$

15

- Die Farbwerte [X2a,Y2a,Z2a] sind die chromatisch adaptierten XYZ-Farbwerte des Zielprozesses. Durch die sequentielle Ausführung der Beziehungen (12) und (14) werden die Farbwerte [X1,Y1,Z1] einer Farbe des Quellenprozesses in die chromatisch adaptierten XYZ-Farbwerte [X2a,Y2a,Z2a] des Zielprozesses umgewandelt. Die gesamte Kette der Matrixoperationen ist:

20

$$\begin{pmatrix} X2a \\ Y2a \\ Z2a \end{pmatrix} = B^{-1} \times D2 \times B \times B^{-1} \times D1 \times B \times \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Es lässt sich leicht ableiten, dass diese Kette vereinfacht werden kann zu

$$\begin{pmatrix} X2a \\ Y2a \\ Z2a \end{pmatrix} = B^{-1} \times D3 \times B \times \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

wobei [D3] eine aus den Rezeptorsignalen der Weißpunkte WP1 und WP2 gebildete Diagonalmatrix ist.

$$D3 = \begin{pmatrix} \frac{L_{WP2}}{L_{WP1}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{M_{WP2}}{M_{WP1}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_{WP2}}{S_{WP1}} \end{pmatrix} \quad (17)$$

Zur weiteren Vereinfachung kann die Folge der Operationen $[B]^{-1} \times [D3] \times [B]$ zu einer Farbumstimmungsmatrix [FU] zusammengefasst werden.

$$\begin{pmatrix} X2a \\ Y2a \\ Z2a \end{pmatrix} = FU \times \begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} \quad (18)$$

Die gesamte Folge der Arbeitsschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Farbtransformation nach dem Relative Colorimetric Rendering Intent von geräteabhängigen Farbwerten [C1,M1,Y1,K1] eines Quellenprozesses in die geräteabhängigen Farbwerte [C2,M2,Y2,K2] eines Zielprozesses mit der Berücksichtigung der chromatischen Adaption auf den Weißpunkt des Zielprozesses wird anhand der Fig. 2 erläutert. Gegeben sind die Farbprofile des Quellenprozesses und des

Zielprozesses nach der ICC-Spezifikation. Sie enthalten jeweils eine Zuordnungstabelle der Farbwerte $[C,M,Y,K]$ in die Farbwerte $[X_{PCS},Y_{PCS},Z_{PCS}]$ des Profile Connection Space sowie eine invertierte Zuordnungstabelle, mit der Farbwerte $[X_{PCS},Y_{PCS},Z_{PCS}]$ des Profile Connection Space in die entsprechenden geräteabhängigen Farbwerte $[C,M,Y,K]$ konvertiert werden können. Die Zuordnungstabellen werden in der ICC-Spezifikation mit "AToB1Tag" und "BToA1Tag" bezeichnet. Weiterhin enthalten die Farbprofile die XYZ-Farbwerte der Weißpunkte (Media White Point) der Prozesse, d.h. die Werte $[X_{WP1},Y_{WP1},Z_{WP1}]$ für den Weißpunkt WP1 des Quellenprozesses und die Werte $[X_{WP2},Y_{WP2},Z_{WP2}]$ für den Weißpunkt WP2 des Zielprozesses.

Im Schritt S1 werden mittels der Zuordnungstabelle "AToB1Tag" des Quellenprozesses aus gegebenen geräteabhängigen Farbwerten $[C1,M1,Y1,K1]$ die zugehörigen geräteunabhängigen Farbwerte $[X_{PCS1},Y_{PCS1},Z_{PCS1}]$ interpoliert. Da dies relative auf den Weißpunkt WPD50 bezogene Farbwerte sind, werden sie im Schritt S2 komponentenweise im Verhältnis der Weißpunktswerte WP1 und WPD50 in die absoluten Farbwerte $[X1,Y1,Z1]$ umgerechnet.

$$\begin{aligned} X1 &= X_{PCS1} \times X_{WP1}/X_{WPD50} \\ Y1 &= X_{PCS1} \times Y_{WP1}/Y_{WPD50} \\ Z1 &= Z_{PCS1} \times Z_{WP1}/Z_{WPD50} \end{aligned} \quad (19)$$

Im Schritt S3 wird mit den absoluten Farbwerten $[X1,Y1,Z1]$ des Quellenprozesses die Farbumstimmungstransformation nach der Beziehung (16) bzw. der Beziehung (18) durchgeführt. Damit erhält man die chromatisch adaptierten Farbwerte $[X2a,Y2a,Z2a]$ für den Zielprozess. Diese absoluten Werte werden im Schritt S4 im Verhältnis der Weißpunktswerte WPD50 und WP2 in die relativen Farbwerte $[X_{PCS2},Y_{PCS2},Z_{PCS2}]$ umgerechnet.

$$\begin{aligned} X_{PCS2} &= X2a \times X_{WPD50}/X_{WP2} \\ Y_{PCS2} &= Y2a \times Y_{WPD50}/Y_{WP2} \end{aligned} \quad (20)$$

$$Z_{PCS2} = Z_{2a} \times Z_{WPD50}/Z_{WP2}$$

Aus diesen Werten werden schließlich im Schritt S5 mittels der Zuordnungstabelle "BToA1Tag" des Zielprozesses die geräteabhängigen Farbwerte
5 [C2,M2,Y2,K2] für den Zielprozess interpoliert.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde am Beispiel einer Farbtransformation von einem CMYK-Quellenprozess in einen CMYK-Zielprozess erläutert. Es ist jedoch nicht auf CMYK-Farbräume beschränkt sondern kann für Farbtransformationen
10 zwischen beliebigen geräteabhängigen Farbräumen durchgeführt werden, für die die entsprechenden ICC-Profile gegeben sind. Es ist auch nicht zwingend erforderlich, dass die Zuordnungstabellen "AToB1Tag" und "BToA1Tag" der Farbprofile verwendet werden. ICC-Farbprofile können für einfache Berechnungen anstelle oder zusätzlich zu den Zuordnungstabellen auch Transformationsmatrizen enthalten, mit denen durch einfache Matrixmultiplikationen die Zuordnung
15 zwischen den geräteabhängigen Farbwerten und den zugehörigen Farbwerten des Profile Connection Space ermittelt werden kann. Für diesen Fall kann das erfindungsgemäße Verfahren abgewandelt werden, indem in den Arbeitsschritten S1 und S5 (Fig. 2) die Tabelleninterpolationen durch die entsprechenden Matrixmultiplikationen mit den Transformationsmatrizen ersetzt werden.
20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Transformation von Farbwerten eines ersten geräteabhängigen Farbraums in die Farbwerte eines zweiten geräteabhängigen Farbraums, so dass der visuelle Eindruck der in beiden Farbräumen wiedergegebenen Farben im wesentlichen gleich ist, wobei
 - der erste Farbraum durch ein erstes Farbprofil und der zweite Farbraum durch ein zweites Farbprofil charakterisiert ist,
 - die Farbprofile eine Zuordnung zwischen den Farbwerten der geräteabhängigen Farbräume und den Farbwerten (XYZ bzw. LAB) eines geräteunabhängigen Farbraums (Profile Connection Space, PCS) angeben, und
 - der Weißpunkt (WP1) des ersten geräteabhängigen Farbraums, der Weißpunkt (WP2) des zweiten geräteabhängigen Farbraums und der Weißpunkt (WPD50) des geräteunabhängigen Farbraums durch geräteunabhängige Weißpunktswerte (XYZ bzw. LAB) beschrieben sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - mittels der im ersten Farbprofil gegebenen Zuordnung aus den Farbwerten des ersten geräteabhängigen Farbraums relative Farbwerte (X_{PCS1} , Y_{PCS1} , Z_{PCS1}) des geräteunabhängigen Farbraums ermittelt werden,
 - die relativen Farbwerte (X_{PCS1} , Y_{PCS1} , Z_{PCS1}) im Verhältnis der Weißpunktswerte (WP1, WPD50) in absolute Farbwerte (X_1 , Y_1 , Z_1) umgerechnet werden,
 - aus den absoluten Farbwerten (X_1 , Y_1 , Z_1) mittels einer Farbumstimmungstransformation chromatisch adaptierte Farbwerte (X_{2a} , Y_{2a} , Z_{2a}) ermittelt werden,
 - die chromatisch adaptierten Farbwerte (X_{2a} , Y_{2a} , Z_{2a}) im Verhältnis der Weißpunktswerte (WPD50, WP2) in relative chromatisch adaptierte Farbwerte (X_{PCS2} , Y_{PCS2} , Z_{PCS2}) umgerechnet werden, und
 - mittels der im zweiten Farbprofil gegebenen Zuordnung aus den relativen chromatisch adaptierten Farbwerten (X_{PCS2} , Y_{PCS2} , Z_{PCS2}) Farbwerte des

zweiten geräteabhängigen Farbraums ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Farbumstimmungstransformation mittels einer Bradford-Matrix (B) erfolgt, wobei:

5

$$B = \begin{pmatrix} 0,8951 & 0,2664 & -0,1614 \\ -0,7502 & 1,7135 & 0,0367 \\ 0,0389 & -0,0685 & 1,0296 \end{pmatrix}$$

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Farbumstimmungstransformation mittels einer vonKries-Matrix erfolgt.

10

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Farbprofile nach der ICC-Spezifikation (International Color Consortium) formatiert sind.

15

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in den Farbprofilen enthaltenen Zuordnungen von Farbwerten des geräteabhängigen Farbraums und Farbwerten des geräteunabhängigen Farbraums nicht verändert werden.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der elektronischen Reproduktionstechnik und betrifft ein Verfahren zur Farbtransformation von Farbwerten eines ersten geräteabhängigen Farbraums in Farbwerte eines zweiten geräteabhängigen Farbraums unter Verwendung von Farbprofilen nach dem ICC-Standard, so dass der visuelle Eindruck der wiedergegebenen Farben in beiden Farbräumen im wesentlichen gleich ist. Die nach dem ICC-Standard definierte Farbtransformation mit einem Relative Colorimetric Rendering Intent wird durch eine Farbumstimmungstransformation auf der Basis der Weißpunkte der Farbräume ergänzt, mit der die chromatische Adaption des visuellen Systems bei unterschiedlichen Weißpunkten berücksichtigt wird.

15 Fig. 2

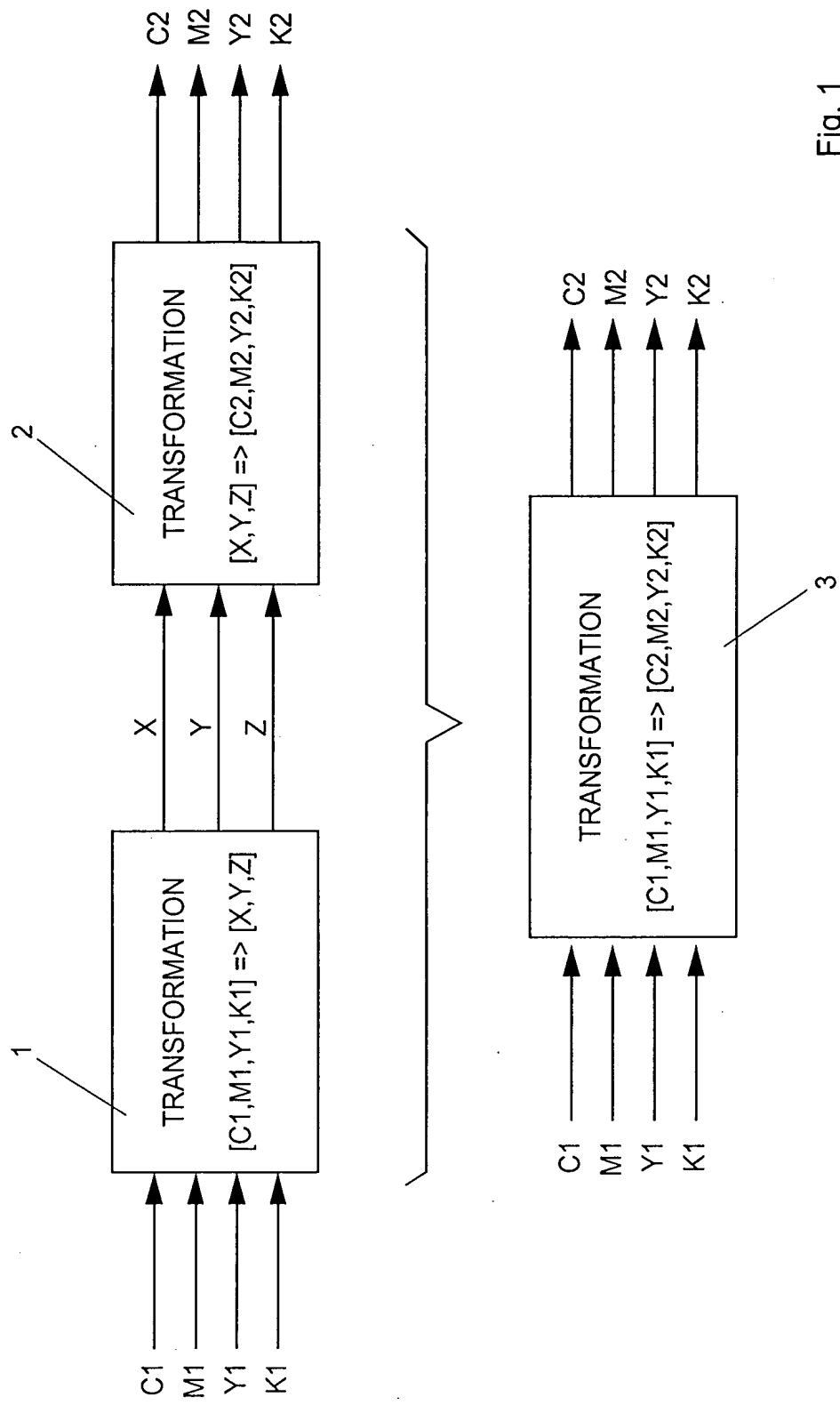


Fig. 1

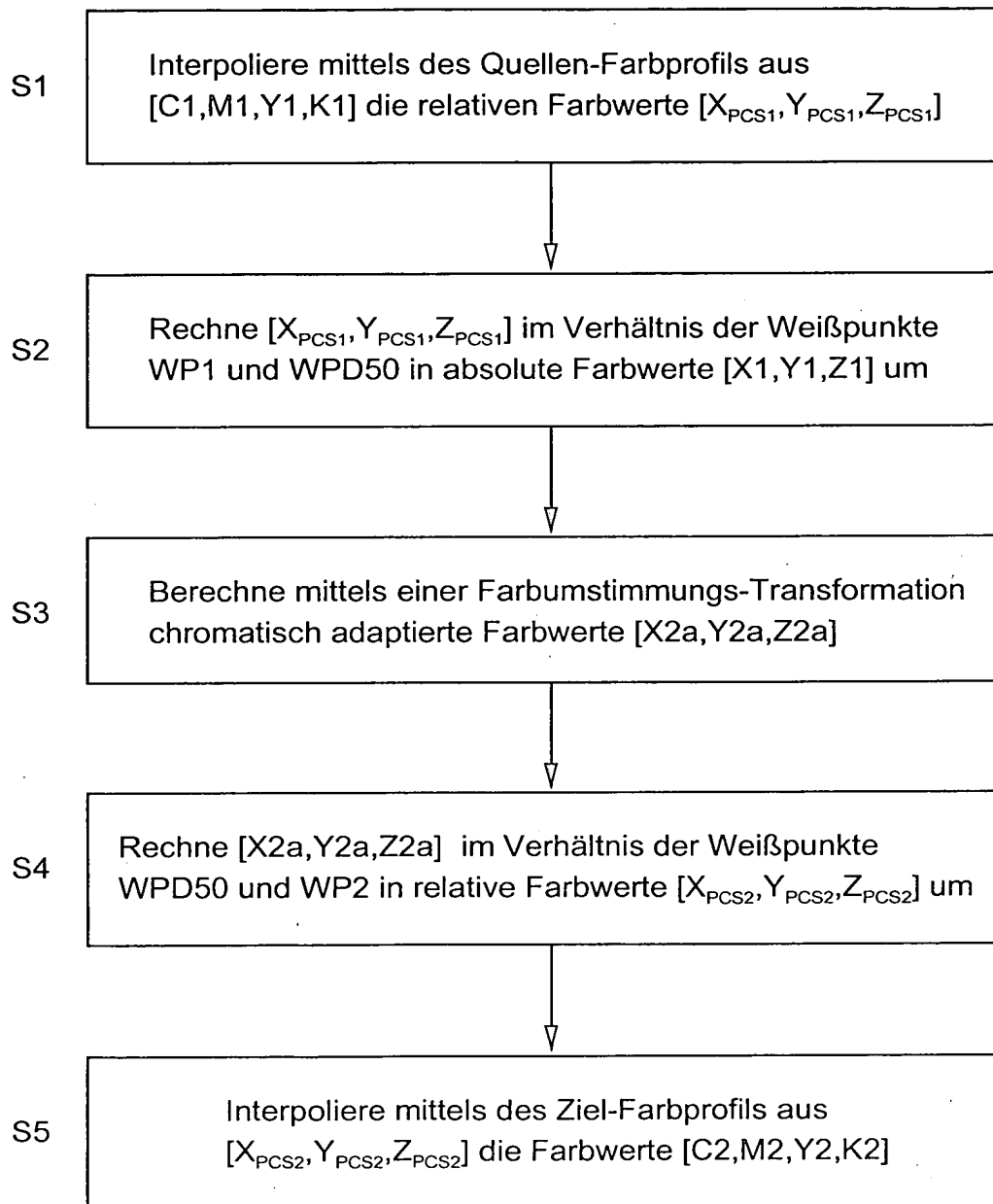


Fig. 2

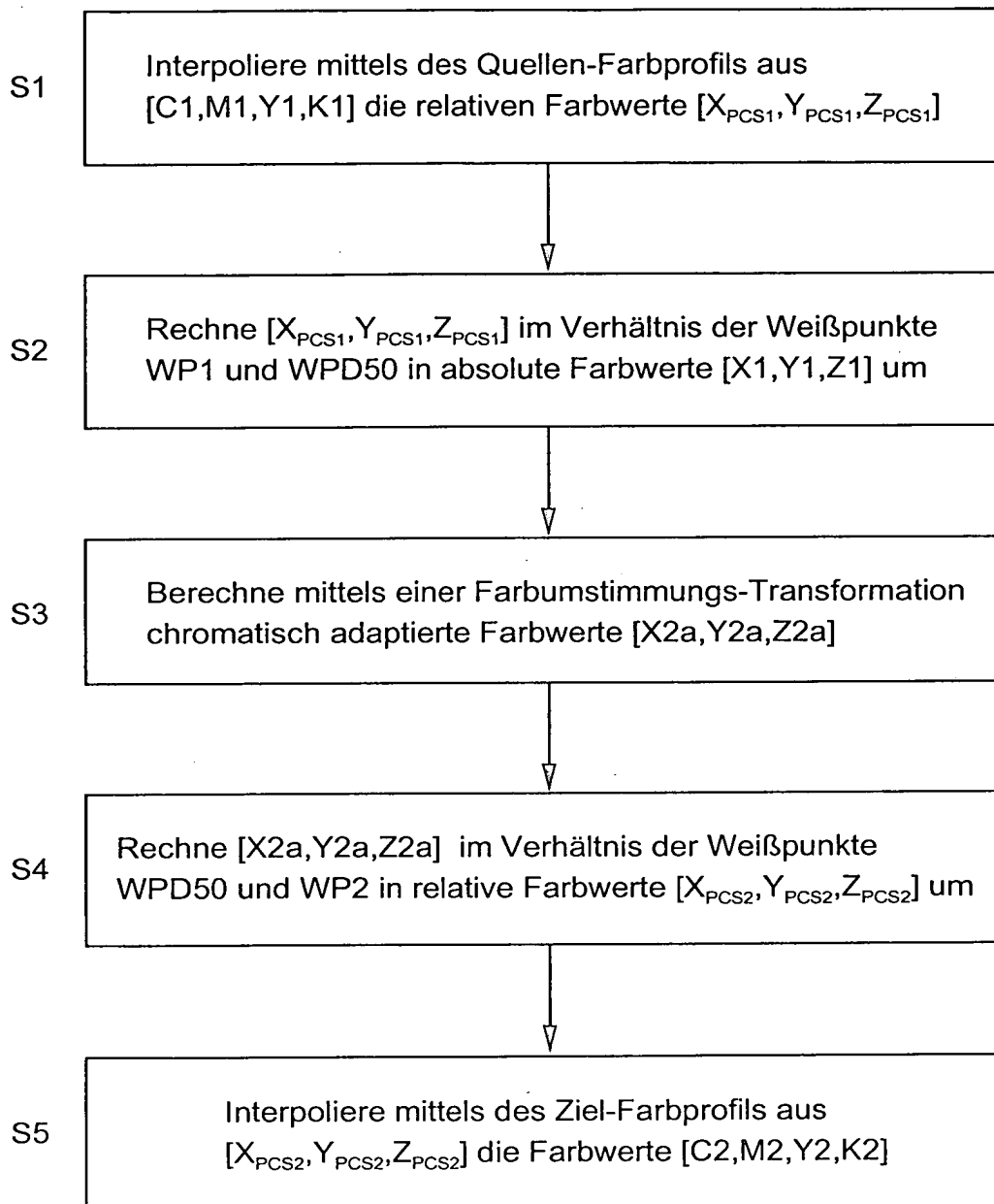


Fig. 2